

Faktablad – Medicinska konsekvenser av akuta strålningshändelser

Med anledning av den ryska invasionen av Ukraina har frågan om hälsorisker kopplade till kärnkraftverksolyckor och kärnvapen användning aktualiserats. Detta faktablad syftar till att öka kunskapen inom området, samt att ge råd till hälso- och sjukvårdens aktörer om hur de kan förbereda sig inför den här typen av händelser. Faktabladet bygger på en rapport [1] som tagits fram av Kunskapscentrum för strålningsmedicin vid katastrofer, Karolinska Institutet, på uppdrag av Socialstyrelsen.

Faktabladet utgår från fyra olika scenarier som innefattar olika grader av medicinska konsekvenser av joniserande strålning. Till dags dato har inget av scenarierna inträffat i anslutning till kriget i Ukraina. De två första scenarierna ("Strålningsrelaterad händelse vid kärnkraftverk i Ukraina" och "Vårdassistans i Sverige av strålscadade individer i Ukraina") beskriver närliggande förlopp, som dock ännu saknar en tydligt dokumenterad, inträffad strålningsrelaterad medicinsk skada. Det sista scenariot ("Fingerad kärnexplosion i Sverige") är det i särklass mest allvarliga utifrån ett nationellt perspektiv, med djupgående medicinska och samhällseliga konsekvenser. Det följs av övergripande förslag om förberedelser och åtgärder för att stärka landets förmåga att hantera medicinska konsekvenser av akuta strålningshändelser.

Scenario 1, "Strålningsrelaterad händelse vid kärnkraftverk i Ukraina"

Angrepp på, eller oförsiktigt agerande vid, kärntekniska anläggningar i Ukraina utgör en aktuell hotbild. Det gäller i första hand kärnkraftverket i Zaporizjzja (sex reaktorer, varav samtliga ur aktiv drift i dagsläget), men även övriga kärnkraftverk i Khmelnytskyi (två reaktorer), i Rivne (fyra reaktorer) och i södra Ukraina (tre reaktorer). Samtliga reaktorer i Ukraina är tryckvattenreaktorer av rysk konstruktion, modell VVER (jämförbara med tryckvattenreaktorerna 3 och 4 i Ringhals som är av amerikansk konstruktion). Situationen följs på nära nog daglig basis via både nationella och internationella organ, till exempel International Atomic Energy Agency (IAEA) och Strålsäkerhetsmyndigheten (SSM) [2]. Mest allvarliga scenarier innefattar utslagning av reaktorkylning med möjlig efterföljande härds smälta i Zaporizjzja och därmed spridning av radioaktivt material över stora områden. Detta kan leda till konsekvenser av liknande slag

som sågs i anslutning till kärnkraftshaverierna i Fukushima 2011 och i Tjernobyl 1986 [för översiktlig dokumentation, se 3–4]. Dagsläget vid det ej längre aktiva kraftverket i Tjernobyl är annorlunda. Även om anläggningen där skulle tappa all elförsörjning är bedömningen att det inte skulle leda till något utsläpp. Det krävs någon betydande yttre drivkraft för att utsläpp av radiologisk betydelse för omgivningen ska ske (referens SSM). Den lokala strålningssituationen kan dock bli mycket utmanande för dem som arbetar på anläggningen. Även en rad andra delscenarier som berör ett mindre antal individer, men som ändå kan medföra medicinskt signifikanta skador, är tänkbara. Ett sådant är när till striderna eller till hjälporgan associerade personer (inklusive eventuella svenskar) under längre tid kommer nära så kallade radioaktiva ”hot spots” vid kraftverken. Stråldoshastigheterna i sådana områden är till del kända för omvärlden redan nu, varför vissa beräkningar kring tänkbara medicinska effekter kan genomföras, i extremfallen kan livshotande skador förutses. Man kan också föreställa sig en händelseutveckling som leder till medelhöga stråldoser till närboende civilbefolkning, och radioaktiv markbeläggning som med nuvarande strålskyddsregler skulle föranleda evakueringar. Det kan dock redan nu sägas att detta scenario med stor sannolikhet inte väntas leda till några akuta strålskador i Sverige, och inte heller till så stor spridning av radioaktivt material till Sverige att enskilda invånare här ska behöva vidta särskilda säkerhetsåtgärder (det vill säga vare sig inomhusvistelse för skydd eller intag av jodtabletter är motiverade). Möjligen skulle livsmedels- och lantbruksrestriktioner kunna bli nödvändiga.

Scenario 2: "Vårdassistans i Sverige av strålskadade individer i Ukraina"

Scenario 1 ovan, och framför allt scenario 3 nedan, skulle kunna föranleda förfrågningar till Sverige om att bistå med vård av strålskadade personer. Det ligger i så fall i sakens natur att svenska myndigheter skulle kunna styra antalet vårdtagare som accepteras. I den mån en eventuell förfrågan avser strålskadade personer är ett rimligt antagande att vård kan erbjudas i linje med internationella samarbetsavtal och katastrofplanering. Redan idag arbetar Myndigheten för samhällsberedskap (MSB) och andra myndigheter med stöd till Ukraina och omkringliggande länder [5]. Stödet ges via olika FN-organ och genom EU:s civilskyddsmekanism. En tänkbar ytterligare samverkansmöjlighet i anslutning till vård av strålskadade patienter är via den europeiska stamcellstransplantationsgruppen EBMT och dess ”Nuclear Accident Committee” [6]. Inom EBMT finns idag ca 600 sjukvårdskliniker, varav ett fåtal i Sverige. De utgörs främst av högspecialiserade hematologenheter, ofta med kompetens kring stamcellstransplantation. Enligt preliminär planering skulle en handfull strålskadade patienter med akut strålsjuka (ARS) från Ukraina kunna omhändertas i Sverige, kanske i första hand vid Karolinska Universitetssjukhuset, men även andra specialistkliniker i landet kan vara behjälpliga. Mer formella legala internationella logistiköverenskommelser kring ett sådant EBMT-samarbete är dock ännu ej på plats.

Scenario 3: "Åskådare i Sverige, kärnladdning utomlands"

I den pågående konflikten finns en farhåga att kärnvapen kan komma att användas. Hur skulle Sverige påverkas av en eventuell kärnvapendetonation med radioaktivt utsläpp i Ukraina? En första approximation av åskådarfallet kan erhållas ur data för verkan på längre avstånd från scenario 4 nedan, en fingerad kärnexplosion. SSM följer löpande utvecklingen i krigsområdet och lägger kontinuerligt ut ny information på sin hemsida (www.ssm.se). Ur aktuell information (25 november 2022): "Vid en kärnkraftsolycka eller en kärnvapenexplosion i Ukraina begränsas konsekvenserna i Sverige av det stora avståndet mellan länderna. Om en sådan händelse skulle inträffa och vindarna för utsläppet mot Sverige är det inte aktuellt med jodtabletter, inomhusvistelse eller utrymning. Den påverkan som eventuellt kan ske i Sverige är i första hand på livsmedelsproduktion." Vad gäller jodtabletter fyller dessa, enligt SSM, inte någon praktisk funktion i samband med kärnvapenexplosioner, oavsett avstånd till explosionen – se vidare SSM:s hemsida med FAQ [7].

Scenario 4: "Fingerad kärnexplosion i Sverige"

Scenariot utgår från en rapport från Totalförsvarets forskningsinstitut (FOI) från 2021; "Kärnvapenscenario för räddningstjänst" [8]. FOI har tidigare beskrivit flera andra "kärnvapenfall" tänkta att kunna ligga till grund för totalförsvarsplanering [9]. I den aktuella rapporten konkretiseras och sammanfattas viktiga omständigheter för räddningstjänst vid ett fingerat kärnvapenangrepp primärt riktat mot en hamnanläggning i Nynäshamn, en stad belägen 50 km söder om Stockholm. En detonation på marknivå av ett kärnvapen med 100 kiloton (kt) laddningsstyrka simuleras ske under dagtid en vardag i november, utan förvarning.

Rapporten beskriver mycket omfattande effekter på människor och byggnader av den initiala stötvågen, värmestrålningen med bränder samt så kallad elektromagnetisk puls. De dominerande skadetyperna efter explosionen kommer att vara fysiskt trauma samt brännskador. Störst förödelse sker inom cirka 2 km från explosionen. Inom denna zon kommer människor även att snabbt uppvisa tecken på akuta strålskador/ARS, föranledda av hög dos joniserande initialstrålning alstrad i direkt anslutning till explosionsögonblicket. Denna strålning utgör emellertid inte en riskfaktor för individer som senare tar sig in i området. Kärnvapenexplosionen skapar också radioaktivt material som deponeras lokalt eller sprids i luften med vinden, hur mycket beror på materialets partikelstorlek och väderleksförhållanden. Människor och materiel kontamineras med detta radioaktiva stoff. I scenariot skapas redan inom en timme efter explosionen inom en radie av cirka 500 meter från nollpunkten stråldoshastigheter så höga att dessa redan efter cirka 10 minuters vistelse orsakar stråldoser ledande till livshotande strålskador. De akuta symtomen, förorsakade främst av extern men till viss del även av intern strålexponering, domineras av akut illamående och kräkningar, huvudvärk och medvetslöshet. Senare (inom dagar-veckor) utvecklas främst

benmargssvikt med allvarliga blödningar och infektioner som följd. FOI-rapporten anger en total dödlighet nära 100% för individer i det direkta närområdet, med ”möjligen fåtal överlevande i källare i yttre delen”. Av Nynäshamns 14 000 invånare beräknas 10 620 avlida, 2 340 bli svårt skadade samt 1 040 bli lätt skadade eller förbli oskadda.

De radioaktiva partiklarna kan också ge nedfall på längre avstånd. Även dessa nedfall kan i sig generera stråldoser tillräckliga för att inom timmar-dygn-veckor orsaka allvarliga strålskador hos exponerade individer. Med i scenariot kalkylerade vind- och väderleksförhållanden skapas till exempel inom sex timmar efter explosionen i Nynäshamn ett belägningsfält med radioaktiva partiklar i trakten av Nyköping (cirka 50 km i vindriktningen) med en stråldoshastighet på över 0,1 Gray (Gy) per timme. För att generera ARS krävs generellt helkroppsstråldoser som överstiger cirka 1 Gy/1 Sievert (Sv).

I ett scenario där kärnladdningen inte detonerar på marken utan istället uppe i luften, kommer det radioaktiva nedfallet att vara väsentligt lägre, liksom graden av radioaktiv kontaminering. Däremot blir räckvidden för stötvågen och värme-strålningen betydligt längre vid en luftexplosion, akuta strålskador utlöses främst av den joniserande initialstrålningen.

Medicinska konsekvenser

Självfallet innebär ovan beskrivet scenario med en kärnvapenexplosion i Nynäshamnsområdet en katastrof för sjukvården i regionen, det vill säga "en allvarlig händelse där tillgängliga resurser är otillräckliga i förhållande till det akuta vårdbehovet, och belastningen är så hög att normala kvalitetskrav för medicinsk behandling trots adekvata åtgärder inte längre kan upprätthållas" [10]." Situationen kommer med säkerhet att vara kaotisk. Till de ovan nämnda problemen kan bland annat läggas svåra skador på elförsörjning, telefon- och datatrafik, vattentillgång samt annan basal samhällslogistik.

FOI-rapporten beskriver den sannolika omfattningen av kirurgiska skador, som en följd av stötvågen med bland annat omfattande husras, och brännskador som en följd av värmestrålningen och bränder. Genomförande av triage på skadeplatsen blir en formidabel uppgift för räddningspersonal. Symtom på ARS, eller deterministisk strålskada, är beroende av absorberad stråldos. För mer detaljerad bakgrund hänvisas till bland annat översiktspublikationer från UNSCEAR [11] och ICRP [12]. Vid mycket höga, förväntat obligat letala doser (över cirka 8–10 Gy) uppvisar exponerade individer illamående, kräkningar och medvetandepåverkan inom minuter-timmar. Palliativa sjukvårdsinsatser är då påkallade, medan livräddande åtgärder bedöms utsiktslösa. Vid något lägre doser är de initiala, så kallade prodromala symtomen av lindrigare grad, och kan sedan följas av en besvärsfri period på dagar-veckor, för att därefter manifesteras blödnings- och infektionsbesvär som en följd av allvarlig benmargssvikt. För sådana patienter kan riktad sjukhusvård i vissa fall vara direkt livräddande och botande. Den vården bör i första hand ges via högspecialiserad hematologisk enhet med erfarenhet av stamcellstransplantationer och/eller brännskadeenhet. Då den medicinska problematiken kring dessa patienter kan engagera ett flertal olika organsystem och är komplex att hantera, kan även andra specialisterheter behöva vara involverade. För triage och klassificering av strålexponerade patienter med ledning av

prodromala symtom och blodprovstagningar rekommenderas i första hand användandet av EBMT NAC Pocket Guide [13] samt av webb-applikationer från amerikanska REAC/TS [14] och US Department of Health and Human Services, REMM [15]. Tabell 1 ger en sammanfattning av främst EBMT- och ICRP-baserade data kring initial bedömning av strålskadade patienter med förslag på medicinsk vårdnivå.

En ytterligare komplicerande medicinsk faktor vid en kärnexplosion är att många bestrålade individer även förväntas få kirurgiska skador och/eller brännskador, vilket bereder väg för svåra infektioner. Sådana kombinerade skador kan begränsa behandlingsmöjligheterna och kraftigt försämra patienternas prognos. Individer som exponerats för lägre stråldoser (mindre än cirka 1 Gy) utvecklar inte ARS. De behöver alltså inte sjukhusvård på grund av strålpåverkan, men kan behöva få sina dosnivåer bedömda och i vissa fall erbjudas poliklinisk uppföljning. Till dessa kommer den stora grupp individer som exponerats för mycket låga eller inga extra stråldoser alls i anslutning till kärnvapendetonationen. Bland dem finns personer i chocktillstånd eller under annan form av extrem psykisk stress, men också de som är generellt oroliga trots avsaknad av tecken på strålskador, de så kallade ”worried well”. Samtliga, liksom allmänheten i stort, behöver erbjudas omfattande, välbalanserad och korrekt medicinsk information och krisstöd kopplat till händelsen [16]. Denna informationsinsats utgör i sig en mycket stor utmaning för samhället.

Tabell 1. Initial bedömning av strålskadade patienter med förslag på medicinsk vårdnivå*

Tabellen beskriver kliniska fynd inom 1–2 dygn efter endos helkroppsexponering för joniserande strålning.

	Score I: Ej sjukhusvård, poliklinisk uppföljning	Score II: Sjukhusvård med botande intention	Score III: Sjukhusvård med lindrande-palliativ intention
Kliniska fynd			
Tid från strålexposition till debut av symtom	Mindre än 12 timmar	Mindre än 5 timmar	Mindre än 30 minuter
Hudrodnad (erytem)	0	+/-	+++ inom 3 timmar
Asteni/svaghet	+	++	+++
Illamående	+	+++	(-)
Kräkningar (per 24 timmar)	Max 1	1–10	Fler än 10, svåra
Avföringar/diarréer (per 24 timmar)	Max 2–3, formade	2–9, mjuka	Fler än 10, vattniga
Buksmärta	Minimal	Intensiv	Olidlig
Huvudvärk	Nej	Påtaglig	Olidlig, tecken på intrakraniell hypertoni
Kroppstemperatur	Under 38 grader	38–40 grader	Över 40 grader
Blodtryck (systoliskt)	Normalt	Normalt till lätt sänkt	Lägre än 80 mmHg
Temporär medvetanedeförlust	0	0	+/koma
Antal lymfocyter i blod			
- vid 24 timmar	Över $1,5 \cdot 10^9/l$	Under $1,5 \cdot 10^9/l$	Under $0,5 \cdot 10^9/l$

	Score I: Ej sjukhusvård, poliklinisk uppfölj- ning	Score II: Sjukhusvård med botande intention	Score III: Sjukhusvård med lindrande-palliativ intention
- vid 48 timmar	Över 1,5*10 ⁹ /l	Under 1,5*10 ⁹ /l	Under 0,1*10 ⁹ /l
Medicinska åtgärder	Poliklinisk uppföljning, god prognos	Högspecialiserad hematologisk vård (antibiotika, transfusioner, cytokiner etc.). Livshotande, men vård ökar chansen till bot.	Även om blodbildning kan återskapas (eventuellt med HSCT**) tillstöter Multiple Organ Failure (MOF). Överlevnad osannolik, palliativ inriktning.
Representativ effektiv helkroppsstråldos***	Cirka (500-) 1 000–2 000 mSv****	Cirka 2 000–8 000 mSv	Mer än 8 000 mSv

*) Förutsätter väsentligen bibehållna normala vårdresurser för en begränsad patientpopulation, det vill säga ej en masskadesituation.

**) HSCT: hematologisk/hematopoietisk stamcellstransplantation

***) En approximering. Stor osäkerhet kring värdena, bland annat beroende på hur exponeringen skett.

****) Enheten millisievert (mSv) avser effektiv dos och är egentligen inte definierad för doser över 1 000 mSv = 1 Sv. Här avses egentligen absorberade doser i milligray (mGy), där dock det numeriska värdet vid helkropps-doser i många situationer överensstämmer med angivna värden i mSv.

Källa: Tabell baserad huvudsakligen på EBMT NAC Pocket guide 2017 [13] samt ICRP 2005 [17], 2012 [18] och 2020 [19].

Rekommendationer

Det svenska samhället uppbär idag beredskap inför akut strålningshändelse via sjukvården, region- och länsorgan samt olika nationella myndigheter, såsom Socialstyrelsen, SSM, FOI och MSB. Medicinsk sakkunskap kring handläggning av och information kring akuta strålskador är av avgörande betydelse i anslutning till en akut strålningshändelse. Vid en akut strålningsmedicinsk situation kan viss rådgivning erhållas från Socialstyrelsens Tjänsteman i beredskap (TiB), som i sin tur kan få stöd av myndighetens Medicinska expertgrupp för radionukleära frågor (RN-MeG) samt av Karolinska Institutets expertenhet Kunskapscentrum för strålningsmedicin vid katastrofer (KcRN, sremc-kcrn.org).

Långsiktigt bör det inom regionerna utvecklas en tydlig kompetens inom området med handlingsplaner att falla tillbaka på, och dessa bör tränas i scenarier och simuleringar, om möjligt tillsammans med berörda delar av sjukvårdskedjan.

Tabell 2 ger förslag till åtgärder att vidta på regionnivå som förberedelse inför en eventuell utländsk kärnvapenexplosion. Här bör bland annat beaktas vilka kliniker/enheter som skall användas för att upprätthålla kvalificerad, robust och långsiktig medicinsk (hematologisk och annan) beredskap.

Tabell 2. Åtgärder för regionerna att vidta som förberedelse för en eventuell utländsk kärnvapenexplosion

På kort sikt (snarast)	
Prehospital organisation, akut-mottagningar och akutsjukvårds-avdelningar	Medicinska RN-planer bör aktualiseras och övas.
Mätningar	Samordning på nationell befolkningsnivå via Strålsäkerhetsmyndigheten, lokalt via regionerna. Planera för sjukhusfysiker på plats på akutmottagningen, planera upplägg, när/hur mätningar ska utföras etc.
Kontaminerade patienter	Kontrollera rutiner och utrustning för dekontaminering.
Vårdnivå	Planera för mottagande av ett begränsat antal strål- och/eller traumaskadade utländska patienter vid tillfrågade och förberedda medicinska specialiteter. Formalisera medicinsk handläggning/planering/övning kring strålskadade patienter vid en kärnvapenexplosion, inklusive behov av och tillgång till resurser.
På längre sikt	
Lägg upp en långsiktig utbildnings- och övningsplan*. Bedöm vilket stöd som kan behövas från centrala myndigheter, andra regioner, experter eller andra aktörer. Som del av detta, inventera lämpliga utbildnings- och övningsresurser.	

*Socialstyrelsen har nyligen lämnat förslag till regeringen på katastrofmedicinska utbildnings- och övningsplaner vilka inkluderar CBRN-området [20].

Referenser

1. Karolinska Institutet, rapport enligt uppdrag. Socialstyrelsens diarienummer 20193/2022.
2. <https://www.iaea.org/publications/documents/infcircs> och <https://www.stralsakerhetsmyndigheten.se>
3. Katastroferna i Japan 2011, Kamedo-rapport 98, <https://www.socialstyrelsen.se/globalassets/sharepoint-dokument/artikelkatalog/ovrigt/2013-12-26.pdf>
4. 1986-2016: CHERNOBYL at 30, WHO, <https://www.who.int/publications/m/item/1986-2016-chernobyl-at-30>
5. <https://www.msb.se/sv/aktuellt/pagaende-handelser-och-insatser/kriget-i-ukraina>
6. <https://www.ebmt.org/nuclear-accident-committee>
7. <https://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/om-stralning/fragor-och-svar-med-anledning-av-handelserna-i-ukraina>
8. Goliath M., Lidström K., Nylén T., Sivertsson S. (2021) Kärnvapenscenario för räddningstjänst. FOI-R--5131—SE.
9. Goliath, M. (2019) Kärnvapenfall för totalförsvarsplanering. FOI Memo 6724.
10. Socialstyrelsens termbank augusti 2022, <https://termbank.socialstyrelsen.se>

11. UNSCEAR 1988, Sources, effects and risks of ionizing radiation, UN Sales Publ E.88.IX.7, Annex G
12. ICRP, 2020. Radiological protection of people and the environment in the event of a large nuclear accident: update of ICRP Publications 109 and 111. ICRP Publication 146. Ann. ICRP 49(4).
13. EBMT European Approach for the medical management of mass radiation accidents Pocket Guide: <https://www.ebmt.org/sites/default/files/2018-03/EBMT%20Nuclear%20Accident%20Committee%20Pocket%20Guide%202017.pdf>
14. REAC/TS 2021 Resources aid in medical response and treatment of individuals exposed to ionizing radiation (tillgänglig på <https://orise.orau.gov/resources/reacts/radmed-app.html>)
15. Radiation Emergency Medical Management Guidance on Diagnosis and Treatment for Healthcare Providers <https://remm.hhs.gov/index.html>
16. A Framework for Mental Health and psychosocial support in radiological and nuclear emergencies. Geneva: World Health Organization; 24 Nov, 2020. Licence: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.
17. ICRP, 2005. Protecting People against Radiation Exposure in the Event of a Radiological Attack. ICRP Publication 96. Ann. ICRP 35 (1).
18. ICRP, 2012. ICRP Statement on Tissue Reactions / Early and Late Effects of Radiation in Normal Tissues and Organs – Threshold Doses for Tissue Reactions in a Radiation Protection Context. ICRP Publication 118. Ann. ICRP 41(1/2).
19. ICRP, 2020. Radiological protection of people and the environment in the event of a large nuclear accident: update of ICRP Publications 109 and 111. ICRP Publication 146. Ann. ICRP 49(4).
20. Socialstyrelsen, 2022. Nationella utbildnings- och övningsplaner för katastrofmedicinsk beredskap och civilt försvar samt nationell samordning av utbildning och övning – Redovisning av regeringsuppdraget S2021/02922.

Kontakt

Jenny Fernebro

E-post: jenny.fernebro@socialstyrelsen.se

Magnus Simonsson

E-post: magnus.simonsson@socialstyrelsen.se
